

16

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und Regelsystem zur Verbesserung des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs beim Durchfahren einer Kurvenbahn nach dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 9.

Derartige Verfahren und Regelsysteme dienen dazu, durch gezielte Eingriffe an den einzelnen Bremsen eines Fahrzeugs ein zusätzliches Drehmoment zu schaffen, welches über die tatsächlich gemessene Gierwinkeländerung pro Zeiteinheit (Ist-Gierrate) eines Fahrzeugs zu der von dem Fahrer beeinflussten Gierwinkeländerung pro Zeiteinheit (Soll-Gierrate) hinführt. Ein derartiges Verfahren und Regelsystem greift also insbesondere dann unterstützend in das Lenkverhalten des Fahrzeugs ein, wenn aufgrund von Gegebenheiten (z. B. zu hoher Geschwindigkeit, glatte Fahrbahn) die von dem Fahrzeug tatsächlich zurückgelegte Kurvenbahn nicht mit der von dem Fahrer ohne zusätzliches Drehmoment gewünschten übereinstimmt. Solche Verfahren und Regelsysteme zur Verbesserung der Fahrstabilität sind im Prinzip schon umfangreich beschrieben worden und sollen daher hier nicht nochmals im einzelnen erläutert werden.

Bei derartigen Verfahren und Regelsystemen werden stets Eingangsgrößen, welche aus der von dem Fahrer gewünschten Kurvenbahn resultieren (beispielsweise Lenkwinkel, Fahrgeschwindigkeit) einer Fahrzeugmodellschaltung zugeführt, welche anhand eines bekannten Einspur-Modells oder eines anderen Fahrmodells aus diesen Eingangsgrößen und für das Fahrverhalten des Fahrzeugs charakteristischen Parametern aber auch durch die Eigenschaften der Umgebung vorgegebenen Größen (Reibwert der Fahrbahn) eine Soll-Gierrate (ψ_{Soll}) bestimmt, die mit der gemessenen tatsächlichen Gierrate (ψ_{Ist}) verglichen wird. Die Differenz der Gierwinkel ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) wird mittels eines sogenannten Giermomentenreglers in ein zusätzliches Giermoment M_G umgerechnet, welches die Eingangsgröße einer Verteilungslogik bildet.

Die Verteilungslogik selbst bestimmt wiederum, ggf. in Abhängigkeit von dem einen bestimmten Bremsdruck an den Radbremsen anfordernden Bremswunsch des Fahrers, den an den einzelnen Bremsen aufzubringenden Bremsdruck. Dieser soll zusätzlich zu der gegebenenfalls erwünschten Bremswirkung noch ein zusätzliches Drehmoment an dem Fahrzeug erzeugen, welches das Fahrverhalten des Fahrzeugs in Richtung des Lenkwunsches des Fahrers unterstützt.

Treten aufgrund von äußeren oder im Verhalten des Fahrers liegenden Gegebenheiten beim Durchfahren einer Kurvenbahn Änderungen des fahrdynamischen Fahrverhaltens (z. B. Reibwertänderungen), insbesondere eine Änderung des Motormoments, z. B. durch Gaswegnahme oder einen Gasstoß, auf, ändert sich das Fahrverhalten des Fahrzeugs, weil durch das Zusammenspiel mehrerer Einflüsse, wie Reifeneinflüsse, kinematische Einflüsse und elastokinematische Einflüsse unter anderem eine Änderung der Achslast und damit der Kräfte erfolgt. Fig. 1a und 1b zeigen eine Situation, wie sie vor und nach der Gaswegnahme in einer Kurve entstehen kann:

An den Antriebsrädern wirken beim Durchfahren einer Kurvenbahn vor der Gaswegnahme die Antriebskräfte F_A . Durch die seitliche Deformation der Reifenaufstandsfläche wirkt die Antriebslängskraft $F_A = 2 \times F_s$ in Abhängigkeit von den Seitenkräften etwas außerhalb der Radmittelebene. Durch die zur Fahrzeuglängsachse asymmetrisch wirkende Antriebslängskraft F_A entsteht ein untersteuerndes Giermoment (ψ_{unter}).

Nach der Gaswegnahme bremst der Motor (und sonstige Widerstände) das Fahrzeug ab, die Antriebs(längs)kräfte F_b ,

F_b werden negativ. Gleichzeitig entsteht durch die Verzögerung die Massenkraft $m \cdot x$ im Schwerpunkt SP, wodurch sich die Achslast an den vorderen Rädern erhöht und an den hinteren Rädern um den gleichen Betrag verringert. Damit ändert sich die Verteilung der übertragbaren Seitenkräfte. Die Seitenkraftänderung (Seitenkraft an der Vorderachse steigt geringfügig an und fällt an der Hinterachse stark ab) erzeugt ein übersteuerndes Giermoment ($\psi_{\text{über}}$), die Schräglaufwinkel an der Hinterachse vergrößern sich und das Fahrzeug dreht in die Kurvenbahn hinein. Bei Wechsel des Motormoments von Antriebskraft in Bremskraft tritt durch Umkehr dieser Momente eine Änderung des Fahrverhaltens des Fahrzeugs von einem übersteuernden zu einem untersteuernden Fahrverhalten auf.

Ein wichtiges Ziel bei der Verbesserung des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs ist es, das Fahrverhalten so abzustimmen, daß die Reaktion des Fahrzeugs auf Lenk-, Brems- und Gaspedalcingaben des Fahrers stets vorhersagbar und gut kontrollierbar ist. Demzufolge wurden bereits Regelungsprinzipien vorgesehen, die unter- und übersteuernde Betriebszustände des Fahrzeugs erkennen und durch einen entsprechenden Bremseneingriff hin korrigieren.

Ein vereinfachtes bekanntes Regelungsprinzip besteht darin, ein direktes Maß für unter-/übersteuerndes Fahrverhalten eines Fahrzeugs als Regelgröße zu verwenden. Nach einer Definition für das Steuerverhalten eines Fahrzeuges werden dazu die mittleren Schräglaufwinkel der Vorder- und Hinterachse (α_v , α_h) verglichen. Bei größeren Schräglaufwinkeln vorn hat das Fahrzeug danach ein untersteuerndes, im umgekehrten Fall ein übersteuerndes Verhalten. Neutrales Verhalten liegt definitionsgemäß vor, wenn die Schräglaufwinkel vorne und hinten gleich sind. Somit gilt:

> 0 : untersteuernd

$\alpha_v - \alpha_h = 0$: neutral

< 0 : übersteuernd

Auf Basis der Schräglaufwinkeldifferenz ist es also möglich, den augenblicklichen Fahrzustand des Fahrzeugs direkt zu bestimmen. Verwendet man als Ansatz das Einspur-Fahrzeugmodell, lassen sich daraus die Schräglaufwinkel in Abhängigkeit vom Lenkwinkel δ , dem Schwimmwinkel β , der Gierrate ψ und der Fahrzeuggeschwindigkeit v ableiten, und zwar wie folgt:

$$\alpha_v = \delta - \beta - \frac{\psi * l_v}{v}$$

$$\alpha_h = -\beta + \frac{\psi * l_h}{v}$$

Da der Schrägwinkel nicht direkt meßbar bzw. einfach berechenbar ist, kann keine explizite Berechnung der einzelnen Schräglaufwinkel vorgenommen werden. Wird aber deren Differenz gebildet, so ist es möglich, diese Größe auf Basis der vorhandenen Meßgrößen (Lenkwinkel, Gierrate), der aus dem ABS-Regler bekannten Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit v_{Ref} und dem konstanten Radstand l zu berechnen.

$$\alpha_v - \alpha_h = \delta - \frac{l * \psi}{v}$$

Damit steht eine Größe zur Verfügung, die als Maß für Unter-/Übersteuern verwendet werden kann.

Betrachtet man weiter den bekannten Zusammenhang zwischen dem momentanen Kurvenradius R der Kurven-

bahn des Fahrzeugschwerpunktes und der Schräglaufwinkeldifferenz

$$R = \frac{1}{\delta - (\alpha_v - \alpha_h)}$$

so ist zu erkennen, daß unter der Annahme

$$\alpha_v - \alpha_h = 0$$

eines neutralen Fahrzustands der Kurvenradius R nur noch durch den Lenkwinkel α bestimmt wird, nämlich

$$R = \frac{1}{\delta}$$

Die bekannte Regelung verwendet daher als Regelgröße die direkt berechnete Schräglaufwinkeldifferenz. Vorgabe für diese Regelung ist es, die Regelgröße betragsmäßig klein zu halten, um so in etwa ein neutrales Fahrverhalten des Fahrzeugs zu erreichen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und ein Regelsystem zur Verbesserung des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs beim Durchfahren einer Kurvenbahn mit sich änderndem fahrdynamischen Fahrverhalten, insbesondere sich änderndem Motormoment, anzugeben, welche das Fahrverhalten eines Fahrzeugs so beeinflussen, daß es situationsangepaßt für den Fahrer stets vorhersehbar und gut kontrolliert ist. Darüber hinaus soll die Ansprechempfindlichkeit der Regelung erhöht werden.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst, abhängige Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen der Ansprüche der Erfindung gerichtet.

Im folgenden wird die Erfindung mit sich änderndem Motormoment als Aktivierungsgröße beschrieben. Andere, das fahrdynamische Fahrverhalten ändernde Aktivierungsgrößen, wie z. B. Reibwertänderungen, werden durch die Erfindung mit umfaßt.

Dadurch, daß bei dem Verfahren zur Verbesserung des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs beim Durchfahren einer Kurvenbahn mit sich änderndem fahrdynamischen Fahrverhalten, insbesondere sich änderndem Motormoment, ein vor oder bei der Änderung des Motormoments vorhandenes Ist-Fahrverhalten des Fahrzeugs über eine Zeitspanne hinweg beibehalten wird, werden Über- bzw. Untersteuerzustände des Fahrzeugs zeitabhängig "eingefroren". Hierzu wird der berechnete Soll-Wert für die Änderung der Kurvenbahn pro Zeiteinheit (Soll-Fahrverhalten) in Abhängigkeit von der vor oder bei der Änderung z. B. des Motormoments vorhandenen Differenz zwischen dem berechneten Soll-Wert und dem gemessenen Ist-Wert für die Änderung der Kurvenbahn pro Zeiteinheit (Ist-Fahrverhalten) verändert. Durch die Verschiebung des Soll-Werts für das berechnete Fahrverhalten des Fahrzeugs hin zu dem vor oder bei der Änderung des Motormoments gemessenen Ist-Wert für das Fahrverhalten des Fahrzeugs, erhöht sich die Ansprechempfindlichkeit des Regelsystems, da die Regeldifferenz zwischen dem ein neutrales Fahrverhalten repräsentierenden Soll-Wert und dem Ist-Wert nicht mehr in der Regeldifferenz weiter durchlaufen werden muß, sondern die Regelung in einem vorgegebenen Toleranzfeld unmittelbar einsetzt, da der abgeleitete Soll-Wert für das Fahrverhalten des Fahrzeugs vor oder bei der Änderung des Motormoments zum Zeitpunkt des Regelbeginns auf den Ist-Wert für das Fahrverhalten des Fahrzeugs gelegt wird. Hierdurch setzt die Regelung nach Durchlaufen der Eingangsschwelle sofort ein.

Die Änderung des Motormoments wird bevorzugt über

eine Aktivierungsgröße der Motorsteuerung, beispielsweise ein Aktivierungssignal des Systems Motronic, zur Verfügung gestellt. Selbstverständlich sind auch andere Aktivierungsgrößen, die auf ein sich änderndes Motormoment schließen lassen, zur Bestimmung eines sich ändernden Motormoments zu verwenden, beispielsweise den mittels Sensor überwachten Gaspedalweg oder entsprechende andere Größen, aus denen sich eine Änderung des Motormoments ableiten läßt.

Durch die Beibehaltung des untersteuernden oder übersteuernden Fahrverhaltens des Fahrzeugs über eine Zeitspanne hinweg wird der Fahrer bei sich änderndem Motormoment nicht zusätzlich von einem Fahrverhalten des Fahrzeugs überrascht, das nicht auf dem Fahrerwunsch basiert, er kann optimal reagieren. Die Verzögerungszeiten werden minimiert.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens sieht vor, daß die Kurvenbahn des Fahrzeugs aus eingegebenen Größen, wie Fahrgeschwindigkeit und Lenkwinkel, festgelegt wird, daß ein Ist-Wert und ein Soll-Wert für die Änderung der Kurvenbahn pro Zeiteinheit bestimmt wird, daß gegebenenfalls der Bremsdruck einer Bremse eines Rades oder an mehreren Rädern in Abhängigkeit von einem Vergleich des Soll-Wertes mit dem Ist-Wert für die Kurvenbahn beeinflußt wird und daß der Soll-Wert in Abhängigkeit eines vor oder bei einer Änderung des Motormoments aus dem Vergleich zwischen Soll-Wert und Ist-Wert gebildeten Differenzwerts ab der Änderung des fahrdynamischen Fahrverhaltens, z. B. des Motormoments, über eine Zeitspanne hinweg in Richtung des Ist-Werts verändert wird. Bei der Wahl der Festlegung der Kurvenbahn werden bevorzugt Fahrzeugmodelle gewählt, die aus den zur Verfügung stehenden Eingangsgrößen, beispielsweise dem Lenkwinkel und der Fahrgeschwindigkeit sowie den durch die Eigenschaften der Umgebung vorgegebenen Größen, eine Soll-Gierrate (ψ_{Soll}) bestimmen können, wie das lineare dynamische Einspur-Modell oder das der stationären Kreisfahrt.

Dabei wird ein Ist-Wert (ψ_{Ist}) für die Gierrate mittels Sensorik bestimmt. Durch die Veränderung des Soll-Werts (ψ_{Soll}) in Abhängigkeit von dem vorhandenen Differenzwert ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) zwischen dem Soll-Wert und dem Ist-Wert in Richtung des Ist-Werts, bleibt ein Untersteuerzustand oder Übersteuerzustand des Fahrzeugs erhalten.

Dadurch, daß der Differenzwert ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) vor oder bei der Änderung des fahrdynamischen Fahrverhaltens, z. B. des Motormoments, gespeichert wird und über eine Zeitspanne hinweg die Differenz ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) zwischen dem Soll-Wert und dem gespeicherten Differenzwert ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) gebildet und als abgeleiteter Soll-Wert ($\Delta\psi_{\text{Soll/Diff}}$) mit dem Ist-Wert (ψ_{Ist}) verglichen wird, erfolgt eine Beibehaltung des Fahrverhaltens des Fahrzeugs mit Maßnahmen, die eine geringe Rechnerkapazität erfordern und das Fahrverhalten des Fahrzeugs mittels einer flach verlaufenden Regelkurve nach Ablauf der Zeitspanne zu dem neutralen Fahrverhalten des Fahrzeugs hinführen.

Praxistests haben ergeben, daß eine Zeitspanne von maximal 7 Sekunden, vorzugsweise 4 Sekunden, in denen der Soll-Wert der Gierwinkeländerung hin zu dem vor oder bei der Änderung des fahrdynamischen Fahrverhaltens, z. B. des Motormoments, vorhandenen Ist-Fahrverhalten des Fahrzeugs verändert wird, alle Fahrsituationen abdeckt, die die Beibehaltung des Fahrverhaltens des Fahrzeugs erfordern, um das Fahrzeug für den Fahrer stets vorhersehbar und gut kontrollierbar zu machen.

Bei Drehung des Fahrzeugs zur Kurveninnenseite wird der Bremsdruck derart modifiziert, daß an zumindestens einem kurvenäußeren Rad der Bremsdruck angehoben und/

oder an zumindestens einem kurveninneren Rad abgesenkt wird, wodurch ein zusätzliches Giermoment erzeugt wird, das dem Übersteuereffekt entgegenwirkt.

Bei Drehung des Fahrzeugs zur Kurvenaußenseite wird der Bremsdruck derart modifiziert, daß an zumindestens einem kurveninneren Rad der Bremsdruck angehoben und/oder an zumindest einem kurvenäußeren Rad abgesenkt wird, wodurch ein zusätzliches Giermoment erzeugt wird, das dem Untersteuereffekt entgegenwirkt.

Die Bremsdrücke werden an den Rädern der Hinterachse modifiziert, da die Hinterräder nicht über eine mit dem Lenkrad direkt verbundene Lenkachse verfügen. Dadurch wird eine Modifizierung der Bremsdrücke möglich, die vom Fahrer nicht wahrgenommen wird.

Die Modifizierung der Bremsdrücke unterbleibt bzw. wird abgebrochen oder rückgängig gemacht, wenn ein mit der Modifizierung der Bremsdrücke stattfindender weiterer Abbau der Seitenführungskräfte des Rades oder der Räder zu einem instabilen Fahrverhalten des Fahrzeugs führt.

Ein Regelsystem zur Verbesserung des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs bei Kurvenfahrt mit sich änderndem fahrdynamischen Fahrverhalten, insbesondere sich änderndem Motormoment, weist eine Erkennungseinrichtung auf, die ein vor oder bei der Änderung vorhandenes Ist-Fahrverhalten des Fahrzeugs erkennt und eine Speichereinrichtung aktiviert, die das erkannte Ist-Fahrverhalten des Fahrzeugs speichert und zur Verfügung stellt und eine Beeinflussungseinrichtung, die das Fahrverhalten des Fahrzeugs über eine Zeitspanne hinweg derart beeinflußt, daß es das gespeicherte Ist-Fahrverhalten des Fahrzeugs beibehält. Ein derartiges Regelsystem ist einfach aufgebaut und benötigt nur eine geringe Rechnerkapazität.

Durch die Merkmale des Anspruchs 10 wird die Ansprechempfindlichkeit des Regelsystems wesentlich höher, da vor oder bei der Änderung des fahrdynamischen Fahrverhaltens, z. B. des Motormoments, der Soll-Wert, um den die Regelung erfolgt, auf den vor oder bei der Änderung des Motormoments erfaßten Ist-Wert gelegt wird, wodurch das Fahrverhalten des Fahrzeugs beibehalten wird und die Regelung direkt einsetzt.

Dadurch, daß der Speicher dem Differenzwert ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) 7 Sekunden, bevorzugt 4 Sekunden, zur Verfügung stellt, werden alle kritischen Fahrsituationen abgedeckt, die die Beibehaltung des Fahrverhaltens des Fahrzeugs erfordern, um das Fahrverhalten des Fahrzeugs für den Fahrer stets vorhersehbar und gut kontrollierbar zu machen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1a+b ein Beispiel eines Über- und Untersteuerzustands eines Fahrzeugs bei sich änderndem Motormoment,

Fig. 2 ein Regelsystem zur Verbesserung des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs bei Kurvenfahrt mit sich änderndem Motormoment,

Fig. 3 die erfindungsgemäße Verlagerung des Verlaufs des Sollwertes über die Änderung des Gierwinkels pro Zeiteinheit,

Fig. 4 den Verlauf des Bremsdruckes über die Zeit,

Fig. 5 den Verlauf des Fahrermoments über die Zeit.

In der Fig. 2 ist ein Regelsystem 10 zur Verbesserung des Fahrzeugverhaltens eines Fahrzeugs bei Kurvenfahrt mit sich änderndem Motormoment dargestellt. Dieses Regelsystem hat die Aufgabe, durch Bildung eines zusätzlichen Giermoments M_G das Fahrzeug auch dann auf die durch den vom Fahrer eingestellten Lenkradwinkel δ und der bestehenden Fahrgeschwindigkeit v festgelegte Kurvenbahn zu zwingen, wenn dies ohne ein derartiges zusätzliches Giermoment M_G nicht möglich ist. Die Giermomente wer-

den dabei durch gezielte Bremsvorgänge an den einzelnen Rädern bewirkt, wobei der Verlauf der Bremsvorgänge und die Auswahl der zu bremsenden Räder von dem notwendigen zusätzlichen Giermoment abhängen. Die vom Fahrer gewünschte Fahrtrichtung legt dieser durch eine entsprechende Winkelverstellung des Lenkrades fest, was zu einer entsprechenden Winkelstellung der lenkenden Räder führt.

In dem Regelsystem 10 ist eine Fahrzeugmodellschaltung 12 vorgesehen, der Eingangsdaten, wie Fahrgeschwindigkeit v , Lenkradwinkel δ , eingespeist werden, welche die von dem Fahrer gewünschte Kurvenbahn festlegen. In der Fahrzeugmodellschaltung 12 wird aufgrund der Eingangsgrößen berechnet, wie groß die Änderung des Gierwinkels pro Zeiteinheit ψ_{Soll} sein soll, welche durch die Eingangsgrößen der Fahrzeugmodellschaltung vom Fahrer festgelegt wird. In einem Vergleich 13 wird bei konstantem Motormoment der Soll-Wert der Änderung des Gierwinkels pro Zeiteinheit ψ_{Soll} mit dem von einer entsprechenden Meßeinrichtung 11 tatsächlich gemessenen Ist-Wert der Änderung des Gierwinkels pro Zeiteinheit ψ_{Ist} verglichen. Als Ausgangssignal gibt der Vergleich 13 eine Ausgangsgröße $\Delta\psi_{\text{Diff}}$ ab, die der Differenz zwischen ψ_{Soll} und ψ_{Ist} entspricht. Der so festgestellte Differenzwert $\Delta\psi_{\text{Diff}}$ zwischen der gewünschten und der tatsächlichen Änderung des Gierwinkels pro Zeiteinheit wird einem Giermomentenregler 14 zur Steuerung des Giermoments zugeführt. Der GMR-Regler 14 errechnet aufgrund von $\Delta\psi_{\text{Diff}}$ ein zusätzliches Giermoment M_G , welches einer Verteilungslogik 15 zugeführt wird. Die Verteilungslogik 15 legt aufgrund des zusätzlichen Giermoments M_G und gegebenenfalls einem Wunsch des Fahrers nach Druckaufbau in den Bremsen (B_F) (Bremswunsch des Fahrers) Ausgangsgrößen fest, die den an den einzelnen Bremsen erforderlichen Druckwerten entsprechen und die über eine Hydraulikschaltung 16 den einzelnen Bremsen an den Rädern des Fahrzeugs zugeführt werden. Die somit erzielten Druckänderungen an den Bremsen der einzelnen Räder führen zu einem neuen Ist-Wert ψ_{Ist} des Gierwinkels, welcher wiederum mit ψ_{Soll} in den Vergleich 13 verglichen wird.

Bei Kurvenfahrten mit überhöhter Fahrgeschwindigkeit reagieren die Fahrer normalerweise zuerst mit Gaswegnehmen. Diese Änderung des Motormoments bewirkt beim Übergang vom Antrieb des Fahrzeugs zur Motorbremsung eine Richtungsumkehr der an den Antriebsrädern wirkenden Umfangskräfte und eine Radlastverlagerung von den Hinterrädern auf die Vorderräder.

Die Achslaständerung ΔF_z ergibt sich aus

$$\Delta F_z = |F_{zVa} + \Delta F_{zVi}| \Delta F_{zHa} + \Delta F_{zHi}| = m h / l \times \Delta^3 \varphi.$$

Hierbei sind, die Fahrzeugmasse M , die Schwerpunkthöhe h , der Radstand l und die Beschleunigungsdifferenz $\Delta^3 \varphi$. Hieraus resultieren unterschiedlich starke Änderungen der Schräglaufwinkel an Vorder- und Hinterrädern sowie eine Änderung des Reifenrückstellmoments an den beiden Vorderrädern. Durch die Vergrößerung des Schräglaufwinkels an den Hinterrädern wird eine Gierdrehung und eine Kursabweichung des Fahrzeugs von der Kurvenaußenseite zur Kurveninnenseite hin verursacht. Dies ist dem Verlauf der gemessenen ψ_{Ist} , die größer als der zugehörige Soll-Wert ψ_{Soll} ist, zu entnehmen. Die Erfindung verhindert die Veränderung des Fahrzeugverhaltens, indem die Differenz zwischen ψ_{Soll} und ψ_{Ist} zu einem Zeitpunkt erfaßt wird, der vor der Änderung oder bei der Änderung des Motormoments liegt. Als Aktivierungsgröße dient z. B. ein über die Motorsteuerung ausgegebenes Steuersignal, welches eine Verbindung zwischen dem Vergleich 13 und dem Speicher 17 schaltet, in dem die im Vergleich generierte Gierwinkel-differenz ψ_{Diff} gespeichert wird. In Fig. 2 ist das Schalten

des Speichers 17 schematisch durch einen Schalter 18 dargestellt, der über eine Steuerleitung 19 von einer Triggerschaltung 20 angesteuert wird. Der Speicher 17 ist über eine Leitung 23 mit einem weiteren Schalter 21 mit dem Vergleichs- 5
 22 verbunden. Schalter 21 wird ebenfalls von der Triggerschaltung 20 über Steuerleitung 24 gesteuert, wenn die Änderung des Motormoments die Bedingungen zum Setzen des Speichers 17 erfüllt. Der vor oder bei der Änderung des Motormoments vorhandene Differenzbetrag $\Delta\psi_{\text{Diff}}$ des Gierwinkels wird in dem Vergleichs- 10
 22 mit dem Soll-Wert ψ_{Soll} des Gierwinkels verglichen. Die im Vergleichs- 22 generierte Differenz $\Delta\psi_{\text{Soll/Diff}}$ verändert dabei die Größe ψ_{Soll} auf den Wert ψ_{Ist} beim Zeitpunkt vor oder bei der Änderung des Motormoments. Die Differenz $\Delta\psi_{\text{Soll/Diff}}$ wird dem Vergleichs- 13 zugeführt, wo der um den Betrag der Gierwinkeldifferenz ψ_{Diff} zum Zeitpunkt vor oder bei der Änderung des Motormoments veränderte Sollwert $\Delta\psi_{\text{Soll/Diff}}$ des Gierwinkels mit dem Ist-Wert ψ_{Ist} des Gierwinkels verglichen wird. Diese nunmehr auf dem Verlauf des Ist-Werts der Gierwinkeländerung verschobene Differenzwert $\Delta\psi_{\text{Soll/Diff}}$ 20
 verhindert eine Änderung des Fahrverhaltens des Fahrzeugs über eine Zeitspanne von maximal 7 Sekunden, da der Betrag der Gierwinkeldifferenz $\Delta\psi_{\text{Diff}}$ über dessen Zeitraum mit dem in der Fahrzeugmodellerschaltung 12 erzeugten ψ_{Soll} verglichen wird, bevor er mit ψ_{Ist} verglichen wird. ψ_{Soll} wird 25
 über eine bevorzugte Zeitspanne von 4 Sekunden nachgeführt.

Der Betrag $|\Delta\psi_{\text{Diff/Diff}}|$ des in dem Vergleichs- 13 mit dem Ist-Wert ψ_{Ist} verglichenen $\Delta\psi_{\text{Soll/Diff}}$ -Werts wird dem GMR-Regler 14 zugeführt. Der GMR-Regler errechnet aufgrund 30
 von $|\Delta\psi_{\text{Diff/Diff}}|$ das zusätzliche Giermoment M_G in Abhängigkeit von dem vor der Änderung des Motormoments vorhandenen $\Delta\psi_{\text{Diff}}$, welches der Verteilungslogik 15 zugeführt wird. Die Verteilungslogik 15 legt aufgrund des zusätzlichen Giermoments $M_{G/Diff}$ und gegebenenfalls einem Wunsch des Fahrers nach Druckaufbau in den Bremsen B_F einen Bremsdruck fest bzw. modifiziert den Bremsdruck derart, daß bei einem Fahrzeug, welches sich im übersteuernden Modus befindet, auf das kurvenäußere Hinterrad der Bremsdruck derart modifiziert wird, daß ein Gegengiermoment 40
 aufbaut, das eine Drehung des Fahrzeugs zur Kurvenaußenseite erzeugt.

Entsprechend wird bei Drehung des Fahrzeugs zur Kurvenaußenseite der Bremsdruck derart modifiziert, daß an zumindest einem kurveninneren Hinterrad der Bremsdruck angehoben wird, um so ein Gegengiermoment zu erzeugen, welches eine Drehung des Fahrzeugs zur Kurveninnenseite bewirkt. 45

Die Modifizierung der Bremsdrücke unterbleibt bzw. wird abgebrochen oder rückgängig gemacht, wenn ein mit der Modifizierung der Bremsdrücke stattfindender Abbau der Seitenführungskräfte zu einem instabilen Fahrverhalten des Fahrzeugs führt. Da bei einem übersteuernden Fahrzeug die modifizierten Bremsdrücke am kurvenäußeren Hinterrad bei niedrigen Reibwerten Schlupfeinläufe erzeugen, die die 55
 Seitenführungskräfte des Rades verringern und ein Übersteuerverhalten begünstigen, ist der Bremsdruck daher in seiner Höhe durch einen Wert begrenzt, ab dem Bremsdruck zugunsten höherer Seitenführungskräfte abgebaut wird.

In den Fig. 3 bis 5 ist der Verlauf von ψ_{Ist} , ψ_{Soll} und $\Delta\psi_{\text{Soll/Diff}}$, der modifizierte Bremsdruck und das Fahrermoment über die Zeit dargestellt. Wie Fig. 3 zeigt, wird die vor Änderung des Motormoments zum Zeitpunkt t_1 vorhandene Differenz $\Delta\psi_{\text{Diff}}$ zwischen ψ_{Ist} und ψ_{Soll} bei Änderung des Motormoments zum Zeitpunkt t_2 abgespeichert und mit 60
 ψ_{Soll} verglichen. Das in Fig. 5 dargestellte Fahrermoment, das sich aus dem antreibenden Moment M_a und dem verzögerten Moment M_v des Motors zusammensetzt und dem

vom Fahrer angeforderten Motormoment entspricht, ist zum Zeitpunkt t_2 , das ist der Zeitpunkt der Gaswegnahme, "Null", da vom Fahrer keine Antriebskräfte des Fahrzeugs angefordert werden. Durch den Vergleich wird der berechnete, ein neutrales Fahrverhalten repräsentierende Soll-Wert ψ_{Soll} um den Betrag $\Delta\psi_{\text{Diff}}$ in Richtung des jeweiligen Ist-Wertes ψ_{Ist} zurückgesetzt. Der nunmehr "aktuelle", vom berechneten Soll-Wert (gestrichelte Linie) um den Betrag $\Delta\psi_{\text{Diff}}$ veränderte Soll-Wert $\Delta\psi_{\text{Soll/Diff}}$ wird über eine vorgegebene Zeitspanne mit dem Ist-Wert ψ_{Ist} verglichen. Über den verglichenen Betrag $\Delta\psi_{\text{Diff/Diff}}$ wird ein Zusatzgiermoment M_G durch Modifizierung des Bremsdruckes mindestens eines Hinterrades entsprechend Fig. 4 erzeugt, das ab dem Zeitpunkt t_2 zu einem neuen ψ_{Ist} des Gierwinkels führt, dessen auf den $\Delta\psi_{\text{Soll/Diff}}$ -Wert geregelter Verlauf zur Beibehaltung des übersteuernden oder untersteuernden Fahrverhaltens des Fahrzeugs führt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbesserung des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs beim Durchfahren einer Kurvenbahn mit einer Änderung des fahrgewodynamischen Fahrverhaltens, insbesondere mit einer Änderung des Motormoments, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein vor oder bei der Änderung vorhandenes Ist-Fahrverhalten des Fahrzeugs über eine Zeitspanne hinweg beibehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kurvenbahn des Fahrzeugs aus eingegebenen Größen, wie Fahrgeschwindigkeit (v) und Lenkwinkel (δ), festgelegt und ein Soll-Wert (ψ_{Soll}) für die Änderung der Kurvenbahn pro Zeiteinheit bestimmt wird, daß ein Ist-Wert (ψ_{Ist}) für die Änderung der Kurvenbahn pro Zeiteinheit bestimmt wird, daß gegebenenfalls der Bremsdruck einer Bremse eines Rades oder an mehreren Rädern in Abhängigkeit von einem Vergleich des Soll-Wertes (ψ_{Soll}) mit dem Ist-Wert (ψ_{Ist}) für die Kurvenfahrt beeinflusst wird, und daß der Soll-Wert (ψ_{Soll}) in Abhängigkeit eines vor oder bei der Änderung aus dem Vergleich zwischen dem Soll-Wert (ψ_{Soll}) und dem Ist-Wert (ψ_{Ist}) gebildeten Differenzwerts ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) über eine Zeitspanne hinweg in Richtung des Ist-Wertes (ψ_{Ist}) verändert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Differenzwert ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) vor oder bei der Änderung gespeichert wird und über eine Zeitspanne hinweg die Differenz zwischen dem Soll-Wert (ψ_{Soll}) und dem gespeicherten Differenzwert ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) gebildet und als abgeleiteter Soll-Wert ($\Delta\psi_{\text{Soll/Diff}}$) mit dem Ist-Wert (ψ_{Ist}) verglichen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitspanne maximal 7 Sekunden, vorzugsweise 4 Sekunden, beträgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das bei Drehung des Fahrzeugs zur Kurveninnenseite der Bremsdruck derart modifiziert wird, daß an zumindest einem kurvenäußeren Rad der Bremsdruck angehoben und/oder an zumindest einem kurveninneren Rad abgesenkt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei Drehung des Fahrzeugs zur Kurvenaußenseite der Bremsdruck derart modifiziert wird, daß an zumindest einem kurveninneren Rad der Bremsdruck angehoben und/oder an zumindest einem kurvenäußeren Rad abgesenkt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, da-

durch gekennzeichnet, daß die Bremsdrücke an den Rädern der Hinterachse modifiziert werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Modifizierung der Bremsdrücke unterbleibt bzw. abgebrochen oder rückgängig gemacht wird, wenn ein mit der Modifizierung der Bremsdrücke stattfindender Abbau der Seitenführungskräfte zu einem instabilen Fahrverhalten des Fahrzeugs führt.

9. Regelsystem zur Verbesserung des Fahrverhaltens eines Fahrzeugs beim Durchfahren einer Kurvenbahn mit einer Änderung des fahrzeugdynamischen Fahrverhaltens, insbesondere mit einer Änderung des Motor Moments, dadurch gekennzeichnet, daß eine Erkennungseinrichtung (20) ein vor oder bei der Änderung vorhandenes Ist-Fahrverhalten des Fahrzeugs erkennt, daß eine Speichereinrichtung (17) das erkannte Ist-Fahrverhalten des Fahrzeugs speichert und zur Verfügung stellt und daß eine Beeinflussungseinrichtung (22) das Fahrverhalten des Fahrzeugs derart beeinflusst, daß es das gespeicherte Ist-Fahrverhalten des Fahrzeugs ab der Änderung über eine Zeitspanne hinweg beibehält.

10. Regelsystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß in eine Fahrzeugmodellschaltung (12) die Größen zur Festlegung der Kurvenbahn des Fahrzeugs, wie Fahrgeschwindigkeit (v) und Lenkradwinkel (δ), eingegeben werden, welche aufgrund eines in der Fahrzeugmodellschaltung (12) befindlichen, die Eigenschaften des Fahrzeugs unter beispielsweise vereinfachten Randbedingungen nachbildenden Fahrzeugmodells einen Soll-Wert (ψ_{Soll}) für die Gierwinkeländerung pro Zeiteinheit (Soll-Gierrate) bestimmt und ein Vergleichler (13) diese Soll-Gierrate mit einer gemessenen Gierwinkeländerung pro Zeiteinheit (ψ_{Ist}) (Ist-Gierrate) vergleicht, wobei ein Giermomentenregler (14) ein Regelgiermoment in Abhängigkeit von der Differenz ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) zwischen Soll-Gierrate und Ist-Gierrate berechnet, welches zur Festlegung von Druckgrößen dient, die über die Bremsen des Fahrzeugs ein Zusatzgiermoment (M_G) erzeugen, welches die Ist-Gierrate (ψ_{Ist}) zu der Soll-Gierrate (ψ_{Soll}) hinführt, und die Erkennungseinrichtung (20) vor oder bei der Änderung den Differenzwert ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) zwischen Soll-Gierrate (ψ_{Soll}) und Ist-Gierrate (ψ_{Ist}) erkennt, und die Speichereinrichtung (17) freischaltet, in der der Differenzwert ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) abgelegt und einer Beeinflussungseinrichtung (22) zur Verfügung gestellt wird, die über eine Zeitspanne hinweg den Differenzwert ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) mit der Soll-Gierrate (ψ_{Soll}) vergleicht und der Vergleichler (13) diese nachgeführte Soll-Gierrate ($\Delta\psi_{\text{Soll/Diff}}$) mit der Ist-Gierrate (ψ_{Ist}) vergleicht.

11. Regelschaltung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicher (17) dem Differenzwert ($\Delta\psi_{\text{Diff}}$) maximal 7 Sekunden, vorzugsweise 4 Sekunden, zur Verfügung stellt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1a

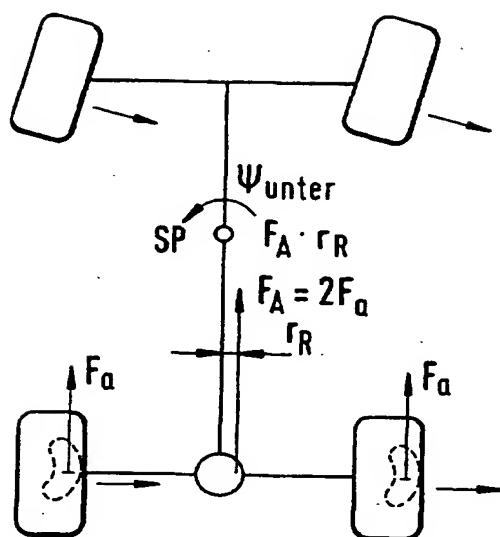
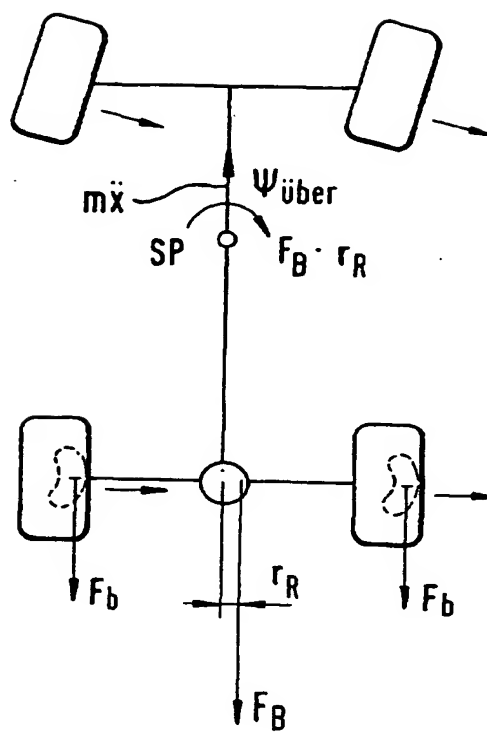


Fig. 1b



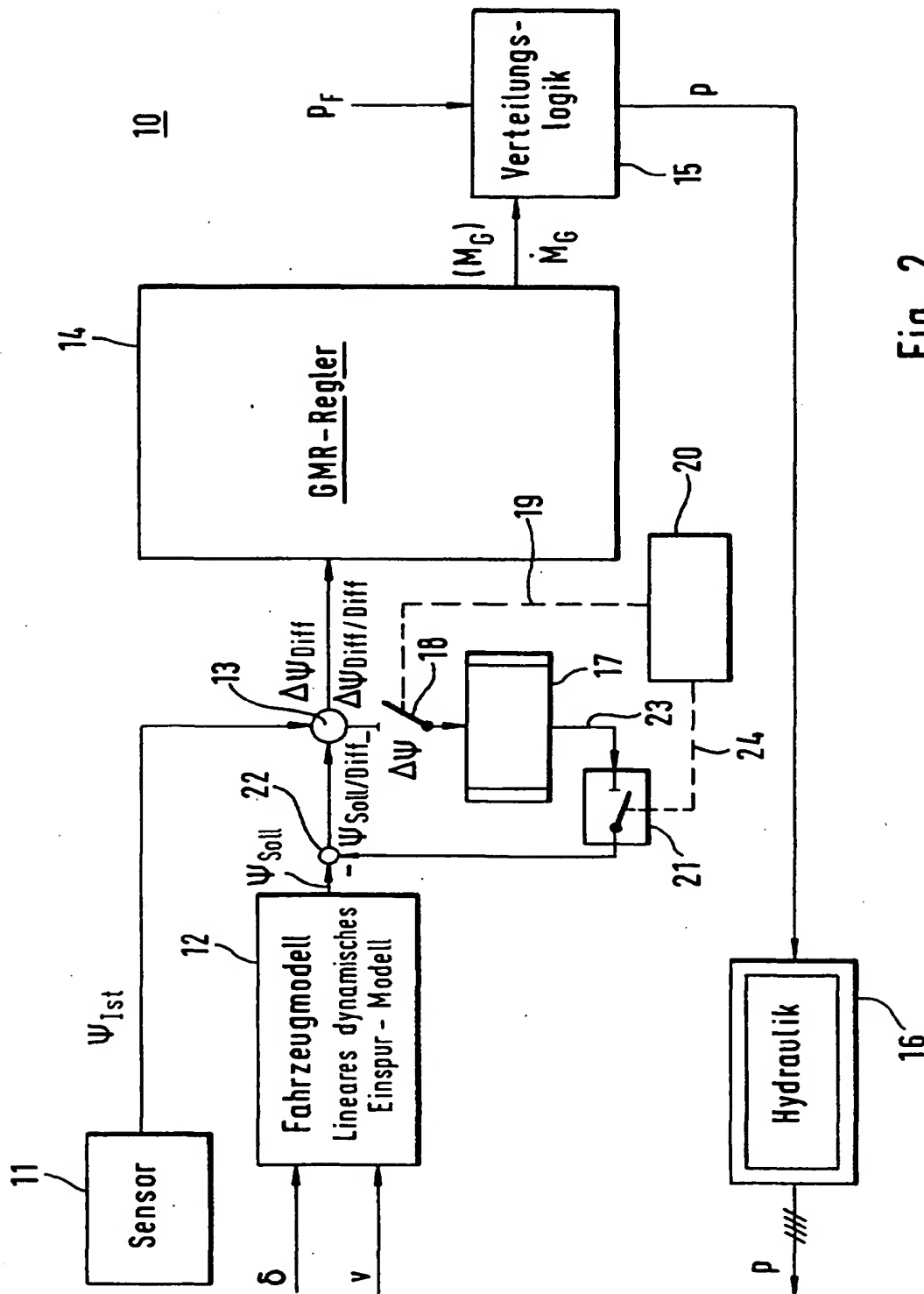


Fig. 2

Fig. 3

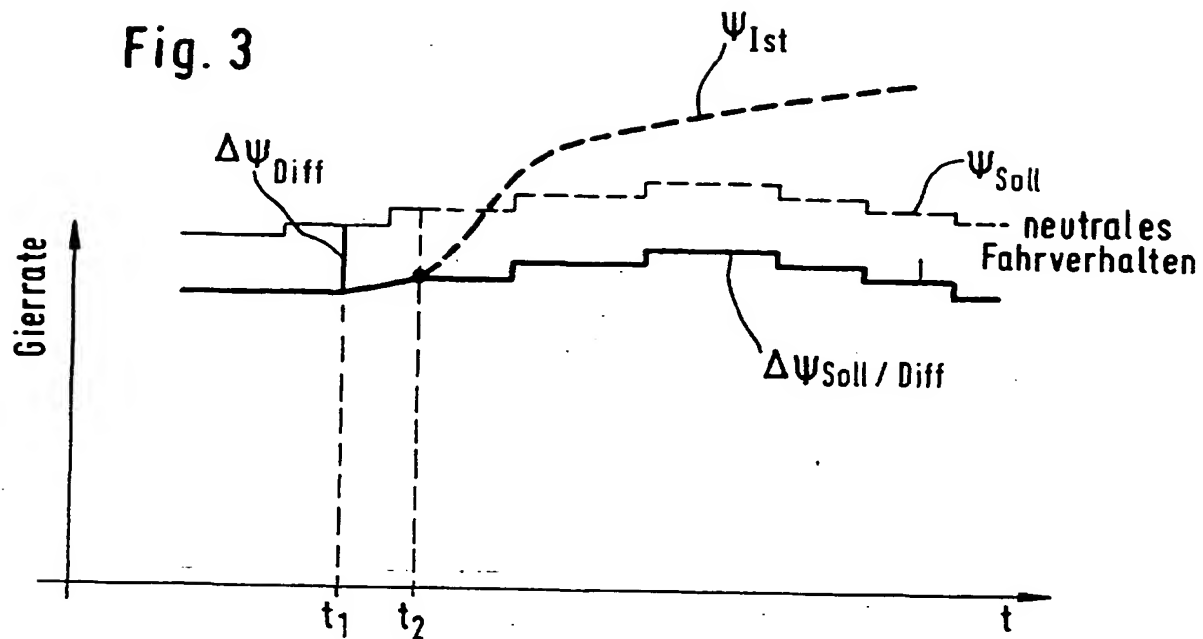


Fig. 4

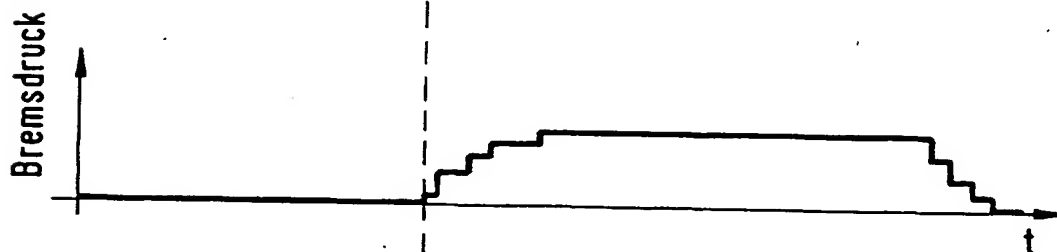


Fig. 5

